

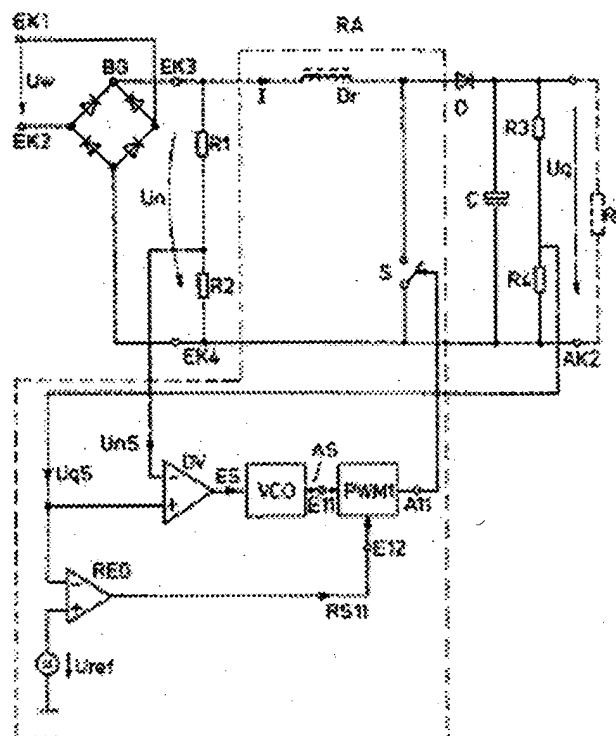
# Switched mode power supply includes voltage controlled oscillator which controls supply switch based on difference of input and output voltages

**Patent number:** DE10040411  
**Publication date:** 2002-03-07  
**Inventor:** FELDTKELLER MARTIN [DE]  
**Applicant:** INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]  
**Classification:**  
 - international: G05F1/70; H02M3/10  
 - european: H02M1/00B5  
**Application number:** DE20001040411 20000818  
**Priority number(s):** DE20001040411 20000818

Best Available Copy

## Abstract of DE10040411

A controller (RA) comprising series connected coil (Dr) and a switch (S), is connected between the rectifier (BG) and the output. A selection circuit includes a voltage controlled oscillator (VCO) which outputs a control signal (AS) based on the difference of the input voltage (Un) and the output voltage (Uq). The control signal is fed directly or down-converted based on the peak value of input signal, to a PWM circuit (PWM1) which controls the switch.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 40 411 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**G 05 F 1/70**  
H 02 M 3/10

21 Aktenzeichen: 100 40 411.1  
22 Anmeldetag: 18. 8. 2000  
43 Offenlegungstag: 7. 3. 2002

DE 100 40 411 A 1

71 Anmelder:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE  
74 Vertreter:  
Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München

72 Erfinder:  
Feldtkeller, Martin, 81543 München, DE

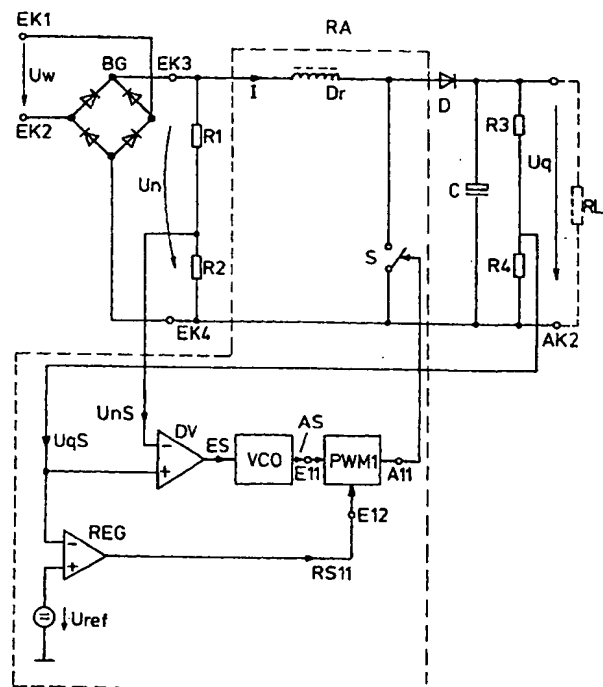
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Schaltungsanordnung mit geregelter Stromaufnahme zur Bereitstellung einer Ausgangsspannung aus einer Eingangsspannung

57 Schaltungsanordnung mit geregelter Stromaufnahme zur Bereitstellung einer Ausgangsspannung ( $U_q$ ) aus einer oszillierenden Eingangsspannung ( $U_n$ ), die folgende Merkmale aufweist:

- Eingangsklemmen (EK3, EK4) zum Anlegen einer oszillierenden Eingangsspannung ( $U_n$ );
  - Ausgangsklemmen (AK1, AK2) zum Bereitstellen einer Ausgangsspannung ( $U_q$ ) für eine Last ( $R_L$ );
  - eine an die Eingangsklemmen (EK3, EK4) angeschlossene Regelanordnung mit einer Spule ( $L$ ) und einem in Reihe zu der Spule ( $L$ ) geschalteten Schalter ( $S$ );
  - eine zwischen die Regelanordnung und die Ausgangsklemmen (AK1, AK2) geschaltete Gleichrichteranordnung ( $D$ ,  $C$ );
  - eine an einen Steuereingang ( $G$ ) des Schalters ( $S$ ) angeschlossene Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2);
- wodurch ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO), dem ein von der Eingangsspannung ( $U_n$ ) und der Ausgangsspannung ( $U_q$ ) abhängiges Eingangssignal (ES) zugeführt ist und die Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2) von einem Ausgangssignal (AS) des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) abhängiges Signal zugeführt wird.



DE 100 40 411 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit geregelter Stromaufnahme zur Bereitstellung einer Ausgangsspannung aus einer Eingangsspannung gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

[0002] Aufgabe derartiger Schaltungsanordnungen, die auch als Power Factor Controller (PFC) bezeichnet werden, ist es, einer Last eine Ausgangsspannung zur Verfügung zu stellen, die sowohl bei Laständerungen als auch bei Änderungen der Eingangsspannung weitgehend konstant gehalten wird. Die Eingangsspannung ist dabei üblicherweise eine Wechselspannung des Spannungsversorgungsnetzes, bzw. der Betrag dieser Wechselspannung. Darüber hinaus soll die Schaltungsanordnung einen Strom aufnehmen, der zumindest über wenige Perioden der Netzspannung möglichst proportional zu der Eingangsspannung ist. Die Proportionalität zwischen Eingangsspannung und aufgenommenem Strom führt dazu, dass die aufgenommene Leistung, die sich als Produkt aus der Eingangsspannung und dem aufgenommenen Strom ergibt, der Last mit hohem Wirkungsgrad zugeführt wird und die Schaltungsanordnung kaum Blindleistung aufnimmt.

[0003] Zur Umsetzung der Eingangsspannung in die Ausgangsspannung dient bei bekannten Power Factor Controllern ein sogenannter Hochsetz-Schaltregler (Boost-Converter) der üblicherweise eine Reihenschaltung einer Spule und eines Schalters aufweist, wobei parallel zu dem Schalter eine Gleichrichteranordnung, üblicherweise bestehend aus einer Diode und einem Kondensator, geschaltet ist, wobei die Ausgangsspannung über dem Kondensator abgreifbar ist. Wird bei einer derartigen Anordnung der Schalter geschlossen, steigt der Strom durch die Spule proportional zu der gerade anliegenden Eingangsspannung an und die Spule nimmt Energie auf. Wird der Schalter anschließend geöffnet, gibt die Spule Energie an die Gleichrichteranordnung ab, wobei der Strom durch die Spule abhängig von der anliegenden Eingangsspannung und der Ausgangsspannung absinkt. Die Stromaufnahme und die an die Last abgegebene Leistung sind mittels einer geeigneten Ansteuerung des Schalters regelbar, die durch eine Ansteuerschaltung erfolgt.

[0004] Zur Ansteuerung des Schalters sind bereits verschiedene Verfahren und Schaltungsanordnungen bekannt.

[0005] In dem Datenblatt 6/98 der Unitrode Corporation, 7 Continental Blvd, Merrimack, NH 03054, betreffend den Power Factor Controller 1854, ist ein Power Factor Controller beschrieben, bei dem ein Shunt-Widerstand in dem Eingangskreis des Power Factor Controllers vorhanden ist, der ein zu dem Eingangsstrom proportionales Signal bereitstellt. Der Shunt-Widerstand ist Teil eines "Average current control loop", einem Regelkreis, der den Mittelwert des Stromsignals bildet und mit einem von der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung abhängigen Sollwert vergleicht. Das Tastverhältnis des Schalters wird bei diesem bekannten Power Factor Controller abhängig von den Abweichungen des Stromsignals gegenüber dem Sollwert verändert. Die Ansteuerschaltung ist größtenteils als integrierte Schaltung ausgeführt, wobei für die Bildung des Mittelwertes des Stromsignals externe Kondensatoren benötigt werden, die nicht in der integrierten Schaltung untergebracht sein können. Außerdem werden in der Zuleitung von der Ansteuerschaltung zu dem Shunt-Widerstand Schutzwiderstände benötigt, da beim erstmaligen Anschließen des Power Factor Controller an ein Wechselspannungsnetz der in der Gleichrichteranordnung enthaltene Kondensator schlagartig aufgeladen wird, was an dem Shunt-Widerstand kurzzeitig einen Spannungsabfall von mehreren 10 V hervorruft würde. Ein

solcher Spannungsabfall würde ohne Schutzwiderstände die zur Auswertung des Stromsignals verwendete integrierte Schaltung schädigen.

[0006] Bei dem UC 1854 von Unitrode stammt ein Taktsignal, mit dem der Schalter angesteuert wird aus einem Oszillator, der mit konstanter Frequenz arbeitet, wobei aufgrund einer Verzögerung beim Sperren der Diode des Hochsetzschaltreglers bei jedem Einschaltvorgang ein Rückstrom über diese Diode fließt, bis sie sperrt. Um Schaltverluste zu minimieren, wird bei einem derartigen Power Factor Controller daher eine schnelle Diode, beispielsweise eine Siliziumkarbid-Diode, verwendet, die allerdings teuer ist.

[0007] Aus dem Datenblatt MC34261/D der Motorola Inc. ist ein Power Factor Controller bekannt, bei dem ein Shunt-Widerstand in Reihe zu dem Schalter geschaltet ist, wobei der Shunt-Widerstand dadurch nur bei geschlossenem Schalter von einem Strom durchflossen wird. Der Spannungsabfall über diesem Shunt-Widerstand ist der Ansteuerschaltung zugeführt, wobei der Schalter abgeschaltet wird, wenn der Spannungsabfall einen zu einem Sollwert proportionalen Schwellenwert erreicht. Der Sollwert ergibt sich aus einer Multiplikation der Eingangsspannung mit einem von der Ausgangsspannung abhängigen Regelsignal, wobei sich dieses Regelsignal verglichen zu der Periodendauer der Eingangsspannung nur langsam ändert, so dass der Sollwert über wenigstens einige Perioden der Eingangsspannung proportional zu dieser ist. Der Schalter wird immer dann eingeschaltet, wenn der Strom durch die Spule den Wert Null erreicht, so dass der Spulenstrom dreieckförmig zwischen dem Schwellenwert und Null oszilliert. Aufgrund des dreieckförmigen Stromverlaufs entspricht der Mittelwert des Stromes der Hälfte des Schwellenwertes, der über einige Perioden proportional zu der Eingangsspannung ist. Der Strommittelwert ist damit proportional zu der Eingangsspannung. Zur Erkennung des Nulldurchgangs des Spulenstroms ist bei diesem Power Factor Controller eine Hilfswicklung an der Spule erforderlich.

[0008] Probleme können bei diesem bekannten Power Factor Controller dann auftreten, wenn eine kleine Leistung übertragen werden soll. Die Schaltschwelle, bei der der Schalter abschaltet wird dazu sehr niedrig eingestellt. Der Anstieg des Spulenstromes ist durch den momentanen Wert der Eingangsspannung und den Wert der Induktivität der Spule bestimmt. Ist der Schwellenwert zum Abschalten des Schalters sehr niedrig, wird der Schwellenwert nach sehr kurzer Zeit erreicht und der Schalter wird sehr kurze Zeit nach dem Einschalten wieder abgeschaltet. Da sich die Spule schnell wieder entlädt wird der Schalter sehr kurze Zeit nach dem Einschalten wieder eingeschaltet. Die Schaltfrequenz des Schalters steigt damit bei kleiner zu übertragender Leistung an. Bedingt durch parasitäre Kapazitäten ist der Stromverlauf bei hohen Frequenzen nicht mehr genau dreieckförmig. Die geforderte Proportionalität zwischen dem Mittelwert der Stromaufnahme und der Schwellenspannung, bzw. zwischen dem Mittelwert der Stromaufnahme und der Eingangsspannung geht dadurch verloren.

[0009] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen Power Controller zur Verfügung zu stellen, bei dem auch bei kleinen übertragenen Leistungen die Proportionalität zwischen der Stromaufnahme, bzw. dem Mittelwert der Stromaufnahme, und der Eingangsspannung gewährleistet ist, und dessen Ansteuerschaltung als integrierte Schaltung mit wenigen externen Bauelementen realisierbar ist.

[0010] Dieses Ziel wird durch eine Schaltungsanordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Danach weist die Schaltungsanordnung neben Eingangsklemmen zum Anlegen einer oszillierenden Eingangsspannung und Ausgangsklemmen zum Bereitstellen einer

Ausgangsspannung für eine Last, eine an die Eingangsklemmen angeschlossene Regelanordnung mit einer Spule und einem in Reihe zu der Spule geschalteten Schalter auf, der eine Gleichrichteranordnung nachgeschaltet ist. Zur Ansteuerung des Schalters ist eine Ansteuerschaltung an einen Steuereingang des Schalters angeschlossen. Erfindungsgemäß weist die Ansteuerschaltung weiterhin einen spannungsgesteuerten Oszillator (voltage controlled oscillator) auf, dem ein von der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung abhängiges Eingangssignal zugeführt ist, wobei ein von einem Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators abhängiges Signal der Ansteuerschaltung zugeführt ist, die den Schalter nach Maßgabe dieses Ausgangssignals ansteuert.

[0012] Das Eingangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators ist vorzugsweise aus der Differenz der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung gebildet. Da sich die Ausgangsspannung im Vergleich zu der Eingangsspannung langsam ändert, ist das Eingangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators wenigstens für einige Perioden der Eingangsspannung, die üblicherweise sinusförmig bei einer Frequenz zwischen 50 Hz und 60 Hz ist, linear abhängig von der Eingangsspannung. Die Frequenz des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators variiert abhängig von dem Eingangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators, bzw. abhängig von der Eingangsspannung. Das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators oder ein Signal mit einer dazu proportionalen Frequenz gibt der Ansteuerschaltung den Takt zum Einschalten des Schalters vor. Dabei gilt, dass die Schaltfrequenz mit steigender Eingangsspannung abnimmt.

[0013] Die Zeitdauer, während der Schalter eingeschaltet bleibt, kann fest vorgegeben werden, wobei diese Einschaltdauer so gewählt ist, dass die Spule bei der maximalen Schaltfrequenz während einer Periode des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators magnetisiert und wieder vollständig entmagnetisiert wird. Die Einschaltdauer ist insbesondere von der Ausgangsspannung abhängig, um die Leistungsaufnahme nachregeln zu können und dadurch Änderungen der Ausgangsspannung entgegenzuwirken. Beim Einschalten des Schalters steigt der Strom durch die Spule linear an, wobei die Steigung des Stromes vom Momentanwert der Eingangsspannung und von der Induktivität der Spule abhängig ist. Nach dem Abschalten des Schalters nimmt der Spulenstrom ausgehend von dem Maximalwert ab bis er Null erreicht und der Schalter beim nächsten Takt wieder eingeschaltet wird. Die Dauer der "Stromlücken", in denen die Spule bis zum nächsten Einschalten nicht von Strom durchflossen ist steht in einem festen Verhältnis zu der Zeitdauer, während der die Spule beim Magnetisieren und Entmagnetisieren von Strom durchflossen ist. Der Mittelwert des Stromes pro Einschaltperiode, und damit der Mittelwert des Stromes über alle Perioden, ist dabei proportional zu der Eingangsspannung.

[0014] Die Zeitdauer, während der der Schalter eingeschaltet bleibt, kann auch abhängig von einem Schwellenwert festgelegt werden, wobei der Schalter nach dem Einschalten so lange eingeschaltet bleibt, bis ein Strom durch die Spule einen Schwellenwert erreicht. Der Schwellenwert ist insbesondere von der Ausgangsspannung abhängig, um die Leistungsaufnahme bei sich ändernder Ausgangsspannung nachregeln zu können und ist für wenigstens einige Perioden der Eingangsspannungen zu dieser proportional. Auch bei dieser Art der Ansteuerung der Spule ist der Mittelwert des Stromes proportional zu der Eingangsspannung, wobei die Spule vor einem erneuten Einschalten des Schalters bei dieser Ausführungsform nicht vollständig entmagnetisiert werden, der Spulenstrom also nicht auf Null ab-

sinken muss.

[0015] Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind keine externen Bauelemente zur Bereitstellung eines Mittelwertes des Spulenstromes erforderlich. Außerdem kann die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Übertragung geringer Leistung bei einer Frequenz betrieben werden, bei der sich parasitäre Kapazitäten nur unwesentlich auf die Proportionalität zwischen Eingangsspannung und Spulenstrom, bzw. Eingangsstrom, auswirken.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0017] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist vorzugsweise für Eingangsspannungen einsetzbar, die in weiten Bereichen variieren können. So besteht für Schaltanteile, in denen die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Regelung der Strom- bzw. Leistungsaufnahme aus dem Netz eingesetzt werden kann, vielfach die Forderung, dass sie für Eingangsspannungen mit Effektivwerten zwischen 90 V und 270 V funktionieren. Bei dem erfindungsgemäßen Schaltnetzteil ist die Schaltfrequenz des Schalters von dem Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators und damit von der Differenz zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung abhängig. Die maximale Schaltfrequenz wird dabei erreicht, wenn der Momentanwert der Eingangsspannung Null ist. Der Frequenzhub, das heißt der Frequenzbereich, innerhalb dessen die Schaltfrequenz des Schalters variiert ist dabei vom Maximalwert der Eingangsspannung abhängig. So beträgt beispielsweise bei einer Eingangsspannung von 90 V die bei einem Spitzenwert der momentanen Spannung vorhandene minimale Schaltfrequenz etwa 70% der maximalen Schaltfrequenz, die bei der Eingangsspannung Null erreicht wird, während bei einer Eingangsspannung von 270 V die minimale Schaltfrequenz nur etwa 10% der maximalen Schaltfrequenz beträgt.

[0018] Bei einer kleinen Eingangsspannung muss der Schalter länger eingeschaltet bleiben als bei einer großen Eingangsspannung, um die Leistungsaufnahme der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung konstant zu halten. Die Einschaltfrequenz muss daher so gewählt werden, dass der Schalter bei der kleinsten Eingangsspannung ausreichend lange eingeschaltet bleiben kann, um eine ausreichende Stromaufnahme der Spule zu gewährleisten. Dabei gilt, je kleiner der Scheitelwert oder der Effektivwert der Eingangsspannung ist, um so kleiner muss die Schaltfrequenz sein. Die maximale Schaltfrequenz bei kleinen Eingangsspannungen ist daher eine Größe, die bei der Dimensionierung des spannungsgesteuerten Oszillators beachtet werden muss.

[0019] Dies kann zu Problemen führen, wenn mit demselben Power Factor Controller auch große Eingangsspannungen verarbeitet werden sollen, bei denen die minimale Schaltfrequenz, wie oben beschrieben, wesentlich geringer werden kann als bei kleinen Eingangsspannungen. Bei kleinen Taktfrequenzen treten Probleme bei der Entstörung auf, wobei zu vermeiden ist, dass die Taktfrequenz so klein wird, dass Frequenzen im hörbaren Bereich auftreten.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform ist daher vorgesehen, die maximale Taktfrequenz so festzulegen, dass bei der kleinsten Eingangsspannung die Einschalt Dauern noch so lange sein können, dass die Spule ausreichend Strom aufnehmen kann, um die Leistungsaufnahme insgesamt konstant zu halten. Übersteigt die Eingangsspannung, d. h. der Spitzenwert der Eingangsspannung, deren Mittelwert oder deren Effektivwert, eine vorgebbare Schwelle, so wird die maximale Taktfrequenz mit einem vorgegebenen Faktor multipliziert, um Störungsprobleme bei kleinen Taktfrequenzen bei großen Eingangsspannungen zu vermeiden. Als

Ausgleich für die Erhöhung der maximalen Taktfrequenz wird die Einschaltdauer, bzw. die maximale Einschaltzeit, durch denselben Faktor dividiert. Der Faktor, um den die Einschaltzeit zu dividieren ist, wird dabei bei der Erzeugung eines Wertes für die Einschaltzeit oder bei der Erzeugung des Schwellenwertes berücksichtigt.

[0021] Die Spule ist derart dimensioniert, dass sie bei der kleinsten Eingangsspannung, das heißt der Eingangsspannung mit dem kleinsten Mittelwert, Effektivwert oder Spitzenwert, einen großen Strom aufnehmen kann, ohne ihren magnetischen Sättigungswert zu erreichen. Bei einer kleinen Eingangsspannung ist ein großer Eingangsstrom erforderlich, um die Leistungsaufnahme unabhängig von der Eingangsspannung konstant halten zu können. Steigt die Netzspannung, das heißt deren Mittelwert, Effektivwert oder Spitzenwert an, so steigt aufgrund der Proportionalität zwischen Eingangsspannung und Spulenstrom der Spulenstrom an und es besteht die Gefahr, dass die Spule ihre magnetische Sättigung erreicht.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, dass die Einschaltzeiten des Schalters sich umgekehrt proportional zu dem Mittelwert, dem Effektivwert, dem Spitzenwert oder einem vergleichbaren Wert der Eingangsspannung ändern.

[0023] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend in Figuren anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0024] Fig. 1 erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0025] Fig. 2 erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0026] Fig. 3 Verlauf der Frequenz des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators in Abhängigkeit von der Eingangsspannung;

[0027] Fig. 4 Verlauf des Spulenstroms über der Zeit in verschiedenen Zeitintervallen;

[0028] Fig. 5 Signalverlauf der Eingangsspannung (Fig. 4a) und Verlauf der Schaltfrequenz (Fig. 4b) über der Zeit;

[0029] Fig. 6 erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit Schaltungsmitteln zur Anpassung der Einschaltzeiten des Schalters abhängig von einem Mittelwert der Eingangsspannung;

[0030] Fig. 7 im Current Mode arbeitende erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit Schaltungsmitteln zur Anpassung der Einschaltzeiten des Schalters abhängig von einem Mittelwert der Eingangsspannung;

[0031] Fig. 8 erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit Schaltungsmitteln zur Änderung der Schaltfrequenz abhängig von einem Mittelwert der Eingangsspannung;

[0032] Fig. 9 weitere erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit Schaltungsmitteln zur Änderung der Schaltfrequenz abhängig von einem Mittelwert der Eingangsspannung;

[0033] Fig. 10 Schaltungsanordnung zur eingangsspannungsabhängigen Umschaltung eines Schalters.

[0034] In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Teile mit gleicher Bedeutung.

[0035] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, die auch als Power Factor Controller bezeichnet wird.

[0036] Die Schaltungsanordnung weist erste und zweite Eingangsklemmen EK3, EK4 zum Anlegen einer Eingangsspannung  $U_n$  auf, wobei die Eingangsspannung in dem Ausführungsbeispiel mittels eines Brückengleichrichters BG, der vier zu einer Brücke verschaltete Dioden aufweist, aus einer an Eingangsklemmen EK1, EK2 anliegenden Wech-

selspannung  $U_w$  gebildet ist. Die Wechselspannung  $U_w$  ist dabei insbesondere eine Netzspannung mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz Scheitelwerten zwischen 90 V und 270 V. Die Eingangsspannung  $U_n$  entspricht dem Betrag der Wechselspannung  $U_w$ .

[0037] Den Eingangsklemmen EK3, EK4 ist eine Regelanordnung RA nachgeschaltet, die eine Reihenschaltung einer Spule (Speichedrossel) Dr und eines Schalters S aufweist, wobei die Reihenschaltung an die Eingangsklemmen EK3, EK4 angeschlossen ist. Parallel zu dem Schalter S ist eine Reihenschaltung einer Diode D und eines Kondensators C geschaltet, die als Gleichrichteranordnung wirken, wobei Anschlussklemmen des Kondensators C Ausgangsklemmen AK1, AK2 bilden an denen eine Ausgangsspannung  $U_q$  für eine Last abgreifbar ist. An einen Steuereingang des Schalters S ist eine Ansteuerschaltung PWM1 zur Ansteuerung des Schalters S angeschlossen.

[0038] Die Anordnung aus Spule L, Schalter S mit Ansteuerschaltung PWM1, Diode D und Kondensator C bildet einen sogenannten Hochsetzschaltregler (boost converter).

[0039] Gegenstand der Erfindung ist die Ansteuerung des Schalters S derart, dass zum einen der Mittelwert des Spulenstroms I proportional zu der Eingangsspannung  $U_n$  ist, und dass zum anderen die Ausgangsspannung  $U_q$  sowohl für Eingangsspannungen  $U_n$  mit sich ändernden Effektivwerten als auch für Änderungen der Last, die in Figur als ohmscher Widerstand RL dargestellt ist, wenigstens annäherungsweise konstant ist.

[0040] Um eine Stromaufnahme I zu erreichen, deren Mittelwert proportional zu der Eingangsspannung  $U_n$  ist, weist der Power Factor Controller nach Fig. 1 einen ersten Regelkreis auf, der einen ersten an die Eingangsklemmen EK3, EK4 angeschlossenen Spannungsteiler R1, R2, einen zweiten an die Ausgangsklemmen AK1, AK2 angeschlossenen zweiten Spannungsteiler R3, R4, einen Differenzverstärker DV und einen spannungsgesteuerten Oszillator VCO aufweist. Der erste Spannungsteiler R1, R2 stellt ein zu der Eingangsspannung  $U_n$  proportionales Eingangsspannungssignal  $U_nS$  und der zweite Spannungsteiler stellt ein zu der Ausgangsspannung  $U_q$  proportionales Ausgangsspannungssignal  $U_qS$  zur Verfügung, wobei der jeweilige Proportionalitätsfaktor vom Verhältnis der Widerstände des jeweiligen Spannungsteilers abhängig ist. Das Ausgangsspannungssignal  $U_qS$  ist einem negativen Eingang des Differenzverstärkers DV zugeführt und das Eingangsspannungssignal  $U_nS$  ist einem positiven Eingang des Differenzverstärkers DV zugeführt, wobei ein zu der Differenz aus Ausgangsspannungssignal  $U_qS$  und Eingangsspannungssignal  $U_nS$ , bzw. der Differenz aus Ausgangsspannung  $U_q$  und Eingangsspannung  $U_n$ , proportionales Signal dem spannungsgesteuerten Oszillator VCO als Eingangssignal ES zugeführt ist.

[0041] Am Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators VCO steht ein Ausgangssignal oder Oszillatorsignal AS zur Verfügung, dessen Frequenz proportional zu dem Eingangssignal ES und damit proportional zu der Differenz aus Ausgangsspannung  $U_q$  und dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  ist. Der Verlauf der Frequenz  $f_{VCO}$  des Oszillatorsignals ist über dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  in Fig. 3a dargestellt. Die Frequenz nimmt dabei einen Maximalwert an, wenn der Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  Null ist, und sie erreicht Null, wenn der Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  der Ausgangsspannung  $U_q$  entspricht.

[0042] Die Ansteuerschaltung PWM1 schaltet über ihren Ausgang A11 den Schalter S getaktet nach Maßgabe des Oszillatorsignals AS, das an einem ersten Eingang E11 anliegt, ein. Der Schalter S bleibt dabei für eine Einschaltzeit  $t_{on}$  geschlossen, die von einem Regelsignal RS11 abhängig ist,

das einem zweiten Eingang E12 der Ansteuerschaltung zugeführt ist. Die Ansteuerschaltung PWM1 funktioniert damit wie ein herkömmlicher Pulsweitenmodulator, der den Schalter nach Maßgabe eines getakteten Signals schließt und abhängig von einem Regelsignal für eine bestimmte Zeitdauer geschlossen hält. Das Regelsignal RS11 ändert sich langsam im Verhältnis zur Periodendauer der Eingangsspannung, so dass die Einschaltdauer wenigstens für einige Perioden der Eingangsspannung konstant bleibt.

[0043] Bei dem Power Factor Controller nach Fig. 1 ist der Mittelwert der Stromaufnahme proportional zu der Eingangsspannung, wie im folgenden insbesondere anhand der Fig. 4 erläutert wird.

[0044] Beim Schließen des Schalters steigt der Spulenstrom I linear an, wobei er beim Abschalten nach der Einschaltdauer te einen Spitzenwert  $\hat{I}$  erreicht, der proportional zu dem Momentanwert der Eingangsspannung Un ist und für den gilt:

$$\hat{I} = Un/L \cdot te \quad (1)$$

wobei L die Induktivität der Spule Dr ist.

[0045] Fig. 4 zeigt den Verlauf des Spulenstromes für zwei verschiedene Momentanwerte der Eingangsspannung, die proportional sind zu Maximalwerten  $\hat{I}_1$  und  $\hat{I}_2$ , die der Spulenstrom dabei jeweils erreicht. Dabei ist angenommen, dass die Frequenz der Eingangsspannung (üblicherweise 50 Hz) sehr viel kleiner ist als die Schaltfrequenz, so dass die Eingangsspannung Un wenigstens für einige Perioden des Spulenstromes als konstant angenommen werden kann. Zur besseren Veranschaulichung ist die Zeitachse in Fig. 4 unterbrochen, um die Situation für zwei unterschiedliche Momentanwerte der Eingangsspannung Un darstellen zu können.

[0046] Nach dem Öffnen des Schalters sinkt der Spulenstrom I linear ab, wobei die Steigung des Stromverlaufes von der über der Spule anliegenden Spannung bestimmt ist, die der Differenz aus der Ausgangsspannung Uq und der momentanen Eingangsspannung Un entspricht. Eine Zeitdauer ta, die vergeht, bis der Spulenstrom I nach dem Erreichen des Maximalwertes auf Null abgesunken ist beträgt:

$$ta = te \cdot Un/(Uq - Un) \quad (2),$$

wobei sich für verschiedene Eingangsspannungen verschiedene Zeitdauern ergeben, wie anhand der Zeitdauern ta1 und ta2 in Fig. 4 dargestellt ist. Eine Gesamtdauer tg, während der die Spule Strom aufnimmt beträgt:

$$tg = te + ta = te \cdot Uq/(Uq - Un) \quad (3).$$

[0047] Die Zeitdauer tg1 und tg2 in Fig. 4 sind die jeweiligen Gesamtdauern der Stromaufnahme bei den verschiedenen Eingangsspannungen. Pro Einschaltvorgang nimmt der Power Factor Controller eine Ladung Q auf, die sich bei dem dreieckförmigen Stromverlauf wie folgt darstellt:

$$Q = 0.5 \cdot \hat{I} \cdot tg = 0.5 \cdot Un/L \cdot te^2 \cdot Uq/(Uq - Un) \quad (4).$$

[0048] Für den Mittelwert Im des pro Einschaltvorgangs aufgenommenen Spulenstroms gilt:

$$Im = Q/T \quad (5),$$

wobei T, bzw. T1 und T2, die Periodendauer des Spulenstromes, bzw. der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Einschaltvorgängen ist. Die Einschaltfrequenz ist durch das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators VCO

vorgegeben und proportional zu der Differenz aus der Ausgangsspannung Uq und der Eingangsspannung Un. Damit ist:

$$T \sim Uq - Un \quad (6). \quad 1/(Uq - Un)$$

[0049] Durch Einsetzen der Beziehungen (4) und (6) in (5) folgt:

$$Im \sim 0.5 \cdot Un/L \cdot te^2 \cdot Uq \quad (7).$$

[0050] Der Mittelwert des Spulenstroms ist damit abhängig von dem Momentanwert der Eingangsspannung Un, der Einschaltdauer te und der Ausgangsspannung Uq. Die Ausgangsspannung Uq und die Einschaltdauer te ändern sich langsam im Vergleich zu der Periodendauer der Eingangsspannung, so dass der Mittelwert des Spulenstromes wenigstens für einige Perioden proportional zu der Eingangsspannung Un ist.

[0051] Ändert sich bei den Power Factor Controller gemäß Fig. 1 die Ausgangsspannung Uq so wird die Leistungsaufnahme, bzw. die Stromaufnahme, derart nachgeregelt, dass die Ausgangsspannung Uq wieder ihren vorgegebenen Sollwert erreicht. Die Anpassung der Stromaufnahme erfolgt dabei durch Änderung der Einschaltdauer te, von der gemäß Gleichung (7) der Mittelwert Im der Stromaufnahme abhängig ist. Die Anpassung der Einschaltdauer te erfolgt mittels eines zweiten Regelkreises, welcher einen Regelverstärker REG aufweist, dem an einem positiven Eingang ein Referenzsignal Uref zugeführt ist, und dem an einem negativen Eingang das von dem zweiten Spannungsteiler R3, R4 gelieferte Ausgangsspannungssignal UqS zugeführt ist. Am Ausgang des Regelverstärkers REF steht das erste Regelsignal RS11 zur Verfügung, welches dem zweiten Eingang E12 der Ansteuerschaltung PWM1 zugeführt ist, und von dem die Einschaltdauer te abhängig ist. Der Regelverstärker REG ist insbesondere ein integrierender Regelverstärker, wodurch das erste Regelsignal RS11 ansteigt, wenn das Ausgangsspannungssignal UqS unter den Referenzwert Uref absinkt, und wobei das Regelsignal RS11 absinkt, wenn das Ausgangsspannungssignal UqS den Wert des Referenzsignals Uref übersteigt. Auf diese Weise wird die Einschaltdauer te verkürzt, wenn die Ausgangsspannung Uq ansteigt, und die Einschaltdauer te wird vergrößert, wenn die Ausgangsspannung Uq absinkt. Der Regelverstärker REF ist insbesondere derart ausgelegt, dass sich das erste Regelsignal RS11, und damit die Einschaltdauer te, langsam im Verhältnis zur Periodendauer der Eingangsspannung Un ändert, so dass die Einschaltdauer te über wenigstens einige Perioden der Eingangsspannung Un konstant ist.

[0052] Der erfindungsgemäße Power Factor Controller stellt somit eine wenigstens annäherungsweise konstante Ausgangsspannung Uq aus einer Wechselspannung Uw, bzw. einer gleichgerichteten Wechselspannung Un, zur Verfügung, wobei der Mittelwert der Stromaufnahme I proportional zu der Eingangsspannung Un ist. Sowohl die Ansteuerschaltung PWM1, als auch der spannungsgesteuerte Oszillator VCO und der Differenzverstärker DV können in einer integrierten Schaltung ausgeführt werden, so dass bei dem erfindungsgemäßen Power Factor Controller nur eine minimale Anzahl externer Bauelemente erforderlich ist. Des weiteren ist der erfindungsgemäße Power Factor Controller dazu geeignet, auch kleine Leistungen zu übertragen, ohne dass dabei die Schaltfrequenz derart ansteigt, dass Probleme mit parasitären Kapazitäten auftreten, welche die Proportionalität zwischen Eingangsspannung Un und Stromaufnahme I gefährden würden.

[0053] Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines

erfindungsgemäßen Power Factor Controllers, der sich von dem in Fig. 1 dargestellten dadurch unterscheidet, dass eine Ansteuerschaltung PWM2 gewählt ist, bei welcher der Schalter S, der in Fig. 2 als Leistungs-Feldeffekttransistor ausgebildet ist, nach dem Einschalten so lange geschlossen bleibt, bis der Spulenstrom I einen vorgegebenen Schwellenwert erreicht. Der Power Factor Controller gemäß Fig. 2 arbeitet damit im sogenannten "Current Mode".

[0054] Der Ansteuerschaltung PWM2 ist an einem ersten Eingang E21 das Ausgangssignal AS des spannungsgesteuerten Oszillators VCO zugeführt, wobei die Frequenz dieses Ausgangssignals AS proportional zu der Differenz aus der Ausgangsspannung  $U_q$  und der Eingangsspannung  $U_n$  ist. Die Ansteuerschaltung PWM2 schaltet den Schalter S über den Ausgang A21 getaktet nach Maßgabe des VCO-Signals AS ein. Nach dem Einschalten steigt der Spulenstrom I linear an, bis er einen Schwellenwert erreicht, bei welchem der Schalter S wieder abgeschaltet wird. Zur Erfassung des Spulenstroms I ist dem Schalter S ein Stromfühlerwiderstand  $R_f$  nachgeschaltet, dessen Anschlussklemmen an Eingangsklemmen E23, E24 der Ansteuerschaltung PWM 2 angeschlossen sind. Der Schwellenwert, abhängig von dem der Schalter S wieder ausgeschaltet wird, ist von einem ersten Regelsignal RS21 abhängig, welches der Ansteuerschaltung PWM2 an einer zweiten Eingangsklemme E22 zugeführt ist. Dieses erste Regelsignal RS21 steht am Ausgang eines Multiplizierers MUL1 zur Verfügung, welcher das Eingangsspannungssignal  $U_n$  mit dem Ausgangssignal des Regelverstärkers REG multipliziert. Da sich das Ausgangssignal des Regelverstärkers REG langsam im Vergleich zur Periodendauer der Eingangsspannung  $U_n$  ändert, ist das erste Regelsignal RS21, und damit der Schwellenwert, wenigstens für einige Perioden der Eingangsspannung  $U_n$  proportional zu der Eingangsspannung  $U_n$ . Auch bei dem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Power Factor Controllers gemäß Fig. 2 ist der Mittelwert des Spulenstroms I proportional zu der Eingangsspannung  $U_n$ . Da der Spulenstrom I nach dem Einschalten des Schalters proportional zu dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  linear ansteigt und der Schalter S abgeschaltet wird, wenn der Spulenstrom I einen ebenfalls zu dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  proportionalen Schwellenwert erreicht, resultiert hieraus, wie auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 eine für wenigstens einige Perioden der Eingangsspannung  $U_n$  konstante Einschaltdauer, so dass die oben angegebene Beziehung zwischen dem Mittelwert der Stromaufnahme I und der Eingangsspannung  $U_n$  auch für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 gilt.

[0055] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 regelt das Ausgangssignal des Regelverstärkers REG über den Multiplizierer MUL1 das erste Regelsignal RS21 nach, wodurch bei einem Absinken der Ausgangsspannung  $U_q$  das Regelsignal RS21 im gesamten angehoben wird, um den Schwellenwert und damit die Einschaltdauern des Schalters S zu vergrößern, und wobei bei einem Ansteigen der Ausgangsspannung  $U_q$  das erste Regelsignal RS21 im gesamten abgesenkt wird, um den Schwellenwert, und damit die Einschaltdauer des Schalters S zu verringern.

[0056] Um bei einer Eingangsspannung  $U_n$  mit kleinem Effektivwert die Leistungsaufnahme des Power Factor Controllers und damit die Ausgangsspannung  $U_q$ , konstant zu halten, muss die Stromaufnahme durch Verlängern der Einschaltdauer des Schalters S gesteigert werden, was bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 über das erste Regelsignal RS11 durch direktes Ändern der Einschaltdauer und was bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 über das erste Regelsignal RS21 durch Ändern des Schwellenwertes erfolgt. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind die

Schaltfrequenz, mit welcher der Schalter S abhängig von dem Oszillatorsignal AS eingeschaltet wird, und die maximale Einschaltdauer so aufeinander abzustimmen, dass die Spule L selbst bei maximaler Stromaufnahme vollständig entmagnetisiert wird, bevor der Schalter S erneut eingeschaltet wird.

[0057] Demgegenüber erlaubt ein Power Factor Controller gemäß Fig. 2 auch einen sogenannten Trapezbetrieb, d. h. die Spule L muss nicht vollständig entmagnetisiert werden, bevor der Schalter S wieder eingeschaltet wird und der Spulenstrom I wieder ansteigt. Die Proportionalität zwischen dem Mittelwert der Stromaufnahme I und der Eingangsspannung  $U_n$  bleibt dabei auch im Trapezstrombetrieb erhalten. Die Ansteuerschaltung PWM2 gemäß Fig. 2 kann ein herkömmlicher Pulsweitenmodulator sein, wie er bei Power Factor Controllern, die im Current Mode arbeiten zum Einsatz kommt.

[0058] Der erfindungsgemäße Power Factor Controller soll insbesondere zur Regelung der Strom- bzw. Leistungsaufnahme bei sogenannten Weitbereichsnetzteilen dienen, bei denen für sinusförmige Eingangsspannungen mit Effektivwerten zwischen 90 V und 270 V eine konstante Ausgangsspannung  $U_q$  zur Verfügung gestellt werden soll. Bei Eingangsspannungen mit kleinen Effektivwerten steigt dabei die Einschaltdauer S gesteuert durch den Regelverstärker REG und damit die Stromaufnahme soweit an, bis die geforderte Leistungsaufnahme, bzw. die geforderte Ausgangsspannung  $U_q$  erreicht ist. Die Spule L ist dabei so dimensioniert, dass sie auch bei den erforderlichen großen Stromaufnahmen bei Eingangsspannungen mit kleinem Effektivwert ihre magnetische Sättigung nicht erreicht, so dass der Strom I nach dem Einschalten des Schalters S stets linear abhängig von dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  ansteigt.

[0059] Um zu verhindern, dass die Spule bei Eingangsspannungen  $U_n$  mit größerem Effektivwert und einem daraus resultierenden steileren Anstieg des Spulenstromes I den Wert ihrer magnetischen Sättigung erreicht, ist bei dem Power Factor Controller gemäß Fig. 6 eine Vorrichtung zur Bildung des Mittelwertes des Eingangsspannungssignals  $U_n$  vorgesehen, wobei der Kehrwert eines Ausgangssignals dieser Mittelwertvorrichtung MW einer dritten Eingangsklemme E13 der Ansteuerschaltung PWM1 zugeführt ist. Die Ansteuerschaltung PWM1 des Power Factor Controllers gemäß Fig. 6 funktioniert wie auch die Ansteuerschaltung PWM1 gemäß Fig. 1 mit einer in der Ansteuerschaltung PWM1 generierten Einschaltzeit, die von dem ersten Regelsignal RS11 abhängig ist.

[0060] Der Ansteuerschaltung PWM1 gemäß Fig. 6 ist an dem ersten Eingang E11 das Ausgangssignal AS des spannungsgesteuerten Oszillators VCO zugeführt, wobei der Schalter S getaktet nach Maßgabe dieses Ausgangssignals AS eingeschaltet wird. Die Einschaltdauer, während der der Schalter S eingeschaltet bleibt, ist neben dem ersten Regelsignal RS11, welches am Ausgang des Regelverstärkers REG anliegt, von einem zweiten Regelsignal RS12 abhängig, welches umgekehrt proportional zum Mittelwert der Eingangsspannung  $U_n$  ist. Zur Bildung des Kehrwertes des Mittelwertes der Eingangsspannung  $U_n$  ist der Mittelwertvorrichtung MW eine den Kehrwert bildende Vorrichtung KW nachgeschaltet. Das zweite Regelsignal RS12 ist konstant, solange sich der Effektivwert oder der Mittelwert der Eingangsspannung  $U_n$  nicht ändert. Wird der Power Factor Controller an eine Netzversorgung mit größerer Spannung angelegt, wird die Einschaltdauer über das zweite Regelsignal RS12 im gesamten reduziert, um zu verhindern, dass der Schalter S solange eingeschaltet bleibt, bis die Spule L in Sättigung geht.



[0061] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Power Factor Controllers, der im Current Mode funktioniert und bei dem die Einschaltzeitdauer des Schalters für Eingangsspannungen  $U_n$  mit größerem Effektivwert ebenfalls reduziert wird, um zu verhindern, dass die Spule L den Wert ihrer magnetischen Sättigung erreicht. Der Power Factor Controller weist eine Vorrichtung MW zur Bildung des Mittelwertes des Eingangsspannungssignals  $U_n$  auf, wobei ein Kehrwert des Ausgangssignals der Mittelwertvorrichtung MW einem Eingang eines Multiplizierers MUL2 zugeführt ist, dem an anderen Eingängen das Eingangsspannungssignal  $U_n$  und das Ausgangssignal des Regelverstärkers REG zugeführt ist. Am Ausgang des Multiplizierers MUL2 steht ein erstes Regelsignal RS41 zur Verfügung, welches einem zweiten Eingang E22 des Pulsweitenmodulators PWM2 zugeführt ist, wobei der Pulsweitenmodulator PWM2 entsprechend dem Pulsweitenmodulator PWM2 gemäß Fig. 2 funktioniert. Das erste Regelsignal RS41 beeinflusst den Schwellenwert, abhängig von dem der Schalter S nach dem Einschalten wieder abgeschaltet wird. Dieser Schwellenwert ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 umgekehrt proportional zu dem Mittelwert, bzw. dem Effektivwert der Eingangsspannung  $U_n$ , wodurch bei Eingangsspannungen  $U_n$  mit großem Effektivwert der Schwellenwert im gesamten abgesenkt wird, um zu verhindern, dass die Spule L den Wert ihrer magnetischen Sättigung erreicht.

[0062] Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 6 und 7 können anstelle der Vorrichtung zur Bildung des Mittelwertes MW auch entsprechende Vorrichtungen zur Bewertung des Scheitelwertes der Eingangsspannung  $U_n$  oder Vorrichtungen zur Bildung des Effektivwertes der Eingangsspannung  $U_n$  verwendet werden.

[0063] Fig. 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines im Current Mode funktionierenden Power Factor Controllers, der sich von dem in Fig. 2 dargestellten dadurch unterscheidet, dass zwischen den spannungsgesteuerten Oszillator VCO und die erste Eingangsklemme E21 des Pulsweitenmodulators PWM2 ein Frequenzteiler DIV1 geschaltet ist, der mittels eines ersten Umschalters US1 überbrückt werden kann. Des weiteren ist in den Signalpfad des Eingangsspannungssignals  $U_n$ , der an den Multiplizierer MUL2 angeschlossen ist, eine Teilvorrichtung DIV2 geschaltet, die mittels eines zweiten Umschalters US2 überbrückt werden kann. Der erste und zweite Umschalter US1, US2 wird abhängig von einem Mittelwert der Eingangsspannung  $U_n$  umgeschaltet, wobei der Mittelwert durch eine Vorrichtung MW zur Bildung des Mittelwertes erzeugt wird. Anstelle des Mittelwertes kann zur Umschaltung der ersten und zweiten Umschalter US1, US2 auch der Effektivwert oder der Scheitelwert der Eingangsspannung  $U_n$  herangezogen werden. Zur Bildung eines von dem Mittelwert, dem Effektivwert oder dem Spitzenwert der Eingangsspannung  $U_n$  abhängigen Wertes kann beispielsweise ein Tiefpassfilter verwendet werden.

[0064] Der von dem Mittelwert MW der Eingangsspannung  $U_n$  abhängige Wert ist einem Schwellenwertschalter SW zugeführt, welcher eine Schalthysterese des ersten und zweiten Umschalters US1, US2 bewirkt, und verhindert, dass der erste und zweite Schalter US1, US2 bei Schwankungen um einen Schwellenwert permanent ein- und ausgeschaltet werden.

[0065] Die Funktionsweise des Power Factor Controllers gemäß Fig. 8 wird nachfolgend kurz erläutert, wobei angenommen wird, dass die Effektivwerte der Eingangsspannung  $U_n$  in einem Bereich zwischen 90 V und 270 V liegen können, wobei Schwellenwerte zum Umschalten der ersten und zweiten Umschalter US1, US2 bei etwa 140 V und 180 V liegen, und wobei der Frequenzteiler DIV1 das Aus-

gangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators VCO um einen Faktor 4 herunterteilt und der Teiler DIV2 das Eingangsspannungssignal  $U_n$  durch zwei teilt.

[0066] Bei einem Effektivwert der Eingangsspannung  $U_n$  zwischen 90 V und 140 V wird das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators VCO dem ersten Eingang E21 des Pulsweitenmodulators PWM2 um den Faktor 4 heruntergeteilt zugeführt, während bei Eingangsspannungen  $U_n$  mit Effektivwerten zwischen 180 V und 270 V das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators VCO dem ersten Eingang E21 des Pulsweitenmodulators PWM2 direkt zugeführt ist. Fig. 3b zeigt den Verlauf der Schaltfrequenz  $f_{FC}$  abhängig von dem Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  für diese beiden Situationen, wobei der Maximalwert  $f_{max2}$  bei Eingangsspannungen mit größerem Effektivwert das vierfache der maximalen Schaltfrequenz  $f_{max1}$  für Eingangsspannungen mit kleineren Effektivwert beträgt. [0067] Fig. 5a zeigt als durchgezogene Kurve eine erste Eingangsspannung  $U_n$  mit einem Mittelwert, der oberhalb der Schaltgrenze des Schwellenwertschalters SW liegt und als gestrichelte Linie eine Eingangsspannung  $U_n$ , dessen Effektivwert unterhalb der Schaltgrenze des Schwellenwertschalters SW liegt. Fig. 5b zeigt die zugehörigen Schaltfrequenzen  $f_{FC}$  über der Zeit als durchgezogene Linie für die kleine Eingangsspannung und als gestrichelte Linie für die große Eingangsspannung.

[0068] Der Frequenzhub, d. h. der Frequenzbereich in dem die Frequenz des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators VCO variiert, ist abhängig von der Differenz der Ausgangsspannung  $U_q$  und der Eingangsspannung  $U_n$ . Die maximale Frequenz wird dabei erreicht, wenn der Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  Null beträgt, und der minimale Wert der Frequenz dieses Ausgangssignals wird dann erreicht, wenn der Momentanwert der Eingangsspannung  $U_n$  ihren jeweiligen Scheitelwert erreicht. Bei Eingangsspannungen  $U_n$  mit kleinem Effektivwert und damit kleinem Scheitelwert, ist der Frequenzhub damit geringer als bei Ausgangsspannungen mit großem Effektivwert. Bei einer Eingangsspannung von 90 V beträgt die minimale Frequenz dabei etwa 70% der maximalen Frequenz, während bei einer Eingangsspannung von 270 V die minimale Frequenz nur etwa 10% der maximalen Frequenz beträgt. Die minimale Frequenz sollte bei großen Eingangsspannungen so gewählt sein, dass sie oberhalb des hörbaren Bereichs liegt, um Entstörungsprobleme zu vermeiden. Die maximale Schaltfrequenz ist wiederum durch die Verhältnisse bei kleinen Eingangsspannungen vorgegeben, wobei die Schaltperioden bei diesen kleinen Eingangsspannungen so groß sein müssen, bzw. die Schaltfrequenz so klein sein muss, dass ein entsprechend großer Strom aufgenommen werden kann, um die Leistungsaufnahme insgesamt konstant zu halten.

[0069] Da sich diese Forderung nach langen Schaltperioden zu Erreichung der erforderlichen Stromaufnahme und andererseits eine hohe Schaltfrequenz zur Vermeidung von Entstörungsproblemen entgegenstehen, wird bei dem Power Factor Controller gemäß Fig. 8 für Spannungen im Bereich zwischen 180 V und 270 V die vierfache maximale Schaltfrequenz als bei Spannungen zwischen 90 V und 140 V gewählt. Die Schaltfrequenz bei großen Spannungen kann auf diese Weise außerhalb des hörbaren Bereichs gewählt werden und bei kleinen Spannungen bleibt aufgrund der geringeren Schaltfrequenz ausreichend Zeit für die erforderliche Stromaufnahme.

[0070] Um einer Veränderung der Proportionalitätsverhältnisse zwischen der Eingangsspannung  $U_n$  und dem Mittelwert der Stromaufnahme I durch die Umschaltung der Schaltfrequenz entgegenzuwirken, wird das Eingangsspan-

nungssignal UnS durch zwei dividiert, wenn der Effektivwert der Eingangsspannung groß ist und das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators VCO dem Pulsweitenmodulator PWM2 ungeteilt zugeführt wird. Bei Eingangsspannungen mit kleinem Effektivwert, bei welchem die Frequenz des Oszillatorsignals durch vier geteilt wird, wird das Eingangsspannungssignal UnS dem Multiplizierer MUL1 ungeteilt zugeführt. Der Teiler DIV2 beeinflusst das Schwellensignal, wobei das Schwellensignal bei der erhöhten Schaltfrequenz durch zwei geteilt wird.

[0071] Das Ausgangssignal der Mittelwertvorrichtung MW kann weiterhin über eine Vorrichtung zur Kehrwertbildung KW dem Multiplizierer MUL2 zugeführt werden, um das Schwellensignal an den Mittelwert der Eingangsspannung Un anzupassen.

[0072] Fig. 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Power Factor Controllers, bei welchem das Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators VCO ebenfalls abhängig von der Eingangsspannung Un durch den Faktor 4 teilbar ist, wobei das Ausgangssignal des Schwellenschalters SW einem Eingang des Pulsweitenmodulator PWM1 zugeführt ist, um abhängig davon, ob die Frequenz des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators VCO heruntergeteilt ist, die Einschaltdauer in dem Pulsweitenmodulator PWM1 zu ändern. Der Pulsweitenmodulator PWM1 funktioniert ansonsten entsprechend dem in Fig. 1 dargestellten und beschriebenen Pulsweitenmodulator.

[0073] Fig. 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Ansteuerschaltung zur eingangsspannungsabhängigen Umschaltung der Schalter US1, US2, die anstelle der Vorrichtung zur Mittelwertbildung MW und des Schwellenschalters SW bei den Power Factor Controllern nach den Fig. 8 und 9 verwendet werden kann. Die dargestellte Schaltungsanordnung wertet den maximalen Amplitudenwert des von dem Spannungsteiler R1, R2 zugeführten Eingangsspannungssignal aus und bringt abhängig davon, ob der maximale Amplitudenwert einen Schwellenwert übersteigt oder nicht, den/die Umschalter US1, US2 in eine erste oder zweite Schalterstellung. Die dargestellte Schaltungsanordnung kann einen eigenen Spannungsteiler aufweisen, der zwischen der ersten und zweiten Eingangsklemme EK3, EK4 verschaltet ist, wobei die Eingangsklemme Ei der Schaltungsanordnung dann an einen Spannungsabgriff dieses Spannungsteilers anstelle des Spannungsabgriffs des Spannungsteilers R1, R2 angeschlossen ist.

[0074] An der Eingangsklemme Ei der Schaltungsanordnung liegt ein sinusbetragförmiges Signal an, welches einem nicht-invertierenden Eingang eines ersten Komparators K1 und einem invertierenden Eingang eines zweiten Komparators K2 zugeführt ist. Dem anderen Eingang des ersten Komparators K1 ist ein erstes Referenzsignal Vref2, dem anderen Eingang des zweiten Komparators K2 ist ein zweites Referenzsignal Vref3 zugeführt. Der Ausgang des ersten Komparators K1 ist an den Set-Eingang eines RS-Flip-Flops RSF angeschlossen, der Ausgang des zweiten Komparators K2 ist an den Reset-Eingang des RS-Flip-Flops RSF angeschlossen. Der nicht-invertierende Ausgang Q des RS-Flip-Flops ist an den D-Eingang eines D-Flip-Flops DFF angeschlossen, wobei der Ausgang des zweiten Komparators an den Takteingang des D-Flip-Flops DFF angeschlossen ist. Der/die Umschalter US1, US2 werden abhängig von einem am Ausgang Q des D-Flip-Flops anliegenden Signals geschaltet.

[0075] Das RS-Flip-Flop RSF wird über den ersten Komparator K1 gesetzt, wenn das periodische Spannungssignal einen oberen Schwellenwert übersteigt und wird über den zweiten Komparator K2 zurückgesetzt, wenn das Span-

nungssignal anschließend einen unteren Schwellenwert unterschreitet. Der untere Schwellenwert ist dabei so klein gewählt, dass gewährleistet ist, dass er einmal pro Periode des Spannungssignals unterschritten wird, idealerweise wird mittels des unteren Schwellenwertes der Nulldurchgang des Spannungssignals überprüft.

[0076] Das D-Flip-Flop übernimmt den Zustand des RS-Flip-Flops zu einem Zeitpunkt bevor das Spannungssignal unter den unteren Schwellenwert absinkt. Übersteigt das Spannungssignal den oberen Schwellenwert zwischen zwei Nulldurchgängen, so übernimmt das D-Flip-Flop eine 1, wenn das Spannungssignal den oberen Schwellenwert zwischen zwei Nulldurchgängen nicht übersteigt, übernimmt es eine 0. Der Umschalter US1, US2 wird abhängig davon, welcher Wert getaktet durch das Ausgangssignal des zweiten Komparators K2 an den Ausgang des D-Flip-Flops gelangt, in eine erste oder zweite Schalterstellung gebracht. Der obere Schwellenwert bestimmt dabei den Spitzenwert der Eingangsspannung, bei welchem eine Umschaltung erfolgen soll.

#### Bezugszeichenliste

- AK1, AK2 Ausgangsklemmen
- AS Ausgangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators
- A11 Ausgangsklemme
- BG Brückengleichrichter
- C Kondensator
- D Diode
- DFF D-Flip-Flop
- DV Differenzverstärker
- EKA3, EK4 Eingangsklemmen
- EK1, EK2 Eingangsklemmen
- ES Eingangssignal des spannungsgesteuerten Oszillators
- Ei Eingangsklemme
- E11, E12 Eingangsklemmen
- K1, K2 Komparator
- RSF RS-Flip-Flop
- L Spule, Drossel
- MW Vorrichtung zur Mittelwertbildung
- PWM1, PWM2 Ansteuerschaltungen
- PWM3 Ansteuerschaltung
- REG Regelverstärker
- Rf Stromfühlwiderstand
- RS11, RS21 Erstes Regelsignal
- R1, R2 Erster Spannungsteiler
- R3, R4 Zweiter Spannungsteiler
- S Schalter
- SW Schwellenschalter
- Un Eingangsspannung
- UnS Eingangsspannungssignal
- Uq Ausgangsspannung
- UqS Ausgangsspannungssignal
- Uref Referenzsignal
- Vref1, Vref2 Referenzsignal
- VCO Spannungsgesteuerter Oszillator

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung mit geregelter Stromaufnahme zur Bereitstellung einer Ausgangsspannung (Uq) aus einer oszillierenden Eingangsspannung (Un) die folgende Merkmale aufweist:

- Eingangsklemmen (EK3, EK4) zum Anlegen einer oszillierenden Eingangsspannung (Un);
- Ausgangsklemmen (AK1, AK2) zum Bereitstellen einer Ausgangsspannung (Uq) für eine Last (RL);

- eine an die Eingangsklemmen (EK3, EK4) angeschlossene Regelanordnung mit einer Spule (L) und einem in Reihe zu der Spule (L) geschalteten Schalter (S);
- eine zwischen die Regelanordnung und die Ausgangsklemmen (AK1, AK2) geschaltete Gleichrichteranordnung (D, C);
- eine an einen Steuereingang (G) des Schalters (S) angeschlossene Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2);

**gekennzeichnet durch** folgendes weiteres Merkmal: einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO), dem ein von der Eingangsspannung ( $U_n$ ) und der Ausgangsspannung ( $U_q$ ) abhängiges Eingangssignal ( $E_s$ ) zugeführt ist, wobei der Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2) ein von einem Ausgangssignal (AS) des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) abhängiges Signal zugeführt ist.

2. Schaltnetzteil nach Anspruch 1, bei dem das Eingangssignal ( $E_s$ ) des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) aus der Differenz eines von der Ausgangsspannung abhängigen Ausgangsspannungssignals ( $U_qS$ ) und eines von der Eingangsspannung abhängigen Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) gebildet ist.

3. Schaltnetzteil nach Anspruch 2, bei dem das Eingangsspannungssignal ( $U_nS$ ) proportional zu der Eingangsspannung ( $U_n$ ) ist und/oder bei dem das Ausgangsspannungssignal ( $U_qS$ ) proportional zu der Ausgangsspannung ( $U_q$ ) ist.

4. Schaltnetzteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, das einen parallel zu den Eingangsklemmen (EK3, EK4) geschalteten ersten Spannungsteiler (R1, R2) zur Erzeugung des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) und/oder das einen parallel zu den Ausgangsklemmen (AK1, AK2) geschalteten zweiten Spannungsteiler (R3, R4) zur Bereitstellung des Ausgangsspannungssignals ( $U_qS$ ) aufweist.

5. Schaltnetzteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Ausgangssignal (AS) des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) der Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2) direkt zugeführt ist.

6. Schaltnetzteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Frequenz des Ausgangssignal (AS) des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) nach Maßgabe der Eingangsspannung ( $U_n$ ) heruntergeteilt und der Ansteuerschaltung (PWM1; PWM2) zugeführt wird.

7. Schaltnetzteil nach Anspruch 6, bei dem die Frequenz des Ausgangssignals (AS) abhängig von einem Mittelwert, einem Scheitelwert oder einem Effektivwert der Eingangsspannung ( $U_n$ ) oder des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) heruntergeteilt wird.

8. Schaltnetzteil nach Anspruch 7, bei dem die Frequenz des Ausgangssignals (AS) um einen vorgegebenen Faktor heruntergeteilt wird, wenn der Mittelwert, der Scheitelwert oder der Effektivwert der Eingangsspannung ( $U_n$ ) oder des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt.

9. Schaltnetzteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, das einen ersten Regelverstärker (REG) aufweist, dem ein von der Ausgangsspannung abhängiges Signal ( $U_qS$ ) zugeführt ist, wobei ein Ausgangssignal des Regelverstärkers (REG) der Ansteuerschaltung (PWM1) als erstes Regelsignal (RS11) zugeführt ist.

10. Schaltnetzteil nach Anspruch 9, bei dem der Ansteuerschaltung ein weiteres Regelsignals (RS12) zugeführt ist, das umgekehrt proportional zu dem Mittelwert, dem Scheitelwert oder dem Effektivwert der Ein-

gangsspannung ( $U_n$ ) oder des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) ist.

11. Schaltnetzteil nach Anspruch 9 oder 10 bei dem die Ansteuerschaltung (PWM1) derart ausgebildet ist, dass der Schalter (S) mit einer Frequenz nach Maßgabe des von dem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) gelieferten Ausgangssignals (AS) eingeschaltet wird und für eine Einschaltdauer eingeschaltet bleibt, die von dem ersten Regelsignal (RS11) abhängig ist.

12. Schaltnetzteil nach Anspruch 11, bei dem die Einschaltdauer von dem ersten Regelsignals (RS11) und dem weiteren Regelsignal (RS12) abhängig ist.

13. Schaltnetzteil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das einen ersten Regelverstärker (REG) aufweist, dem ein von der Ausgangsspannung ( $U_q$ ) abhängiges Signal ( $U_qS$ ) zugeführt ist, wobei ein Ausgangssignal des Regelverstärkers (REG) einem Multiplizierer (MUL1, MUL2) zur Multiplikation mit einem von der Eingangsspannung ( $U_n$ ) abhängigen Signal ( $U_nS$ ) zugeführt ist und wobei ein Ausgangssignal des Multiplizierers (MUL1, MUL2) der Ansteuerschaltung (PWM2) als erstes Regelsignal (RS21) zugeführt ist.

14. Schaltnetzteil nach Anspruch 13, bei dem ein Stromföhlwiderstand ( $R_f$ ) in Reihe zu dem Schalter (S) geschaltet ist, wobei ein an dem Stromföhlwiderstand ( $R_f$ ) abgreifbares Signal der Ansteuerschaltung als weiteres Regelsignal zugeführt ist.

15. Schaltnetzteil nach Anspruch 13 oder 14, bei dem dem Multiplizierer (MUL1) das Eingangsspannungssignal ( $U_nS$ ) direkt zugeführt ist.

16. Schaltnetzteil nach Anspruch 13 oder 14, bei dem das Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) nach Maßgabe der Eingangsspannung ( $U_n$ ) oder des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) mit einem Faktor multipliziert und dem Multiplizierer (MUL) zugeführt ist.

17. Schaltnetzteil nach Anspruch 16, bei dem das Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) mit einem vorgegebenen Faktor multipliziert wird, wenn der Mittelwert, der Scheitelwert oder der Effektivwert der Eingangsspannung ( $U_n$ ) oder des Eingangsspannungssignals ( $U_nS$ ) einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet.

18. Schaltnetzteil nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem die Ansteuerschaltung (PWM2) derart ausgebildet ist, dass der Schalter (S) mit einer Frequenz nach Maßgabe des von dem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) gelieferten Ausgangssignals eingeschaltet wird und solange eingeschaltet wird, bis das weitere Regelsignal einen von dem ersten Regelsignal (RS21) abhängigen Schwellenwert erreicht.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG1

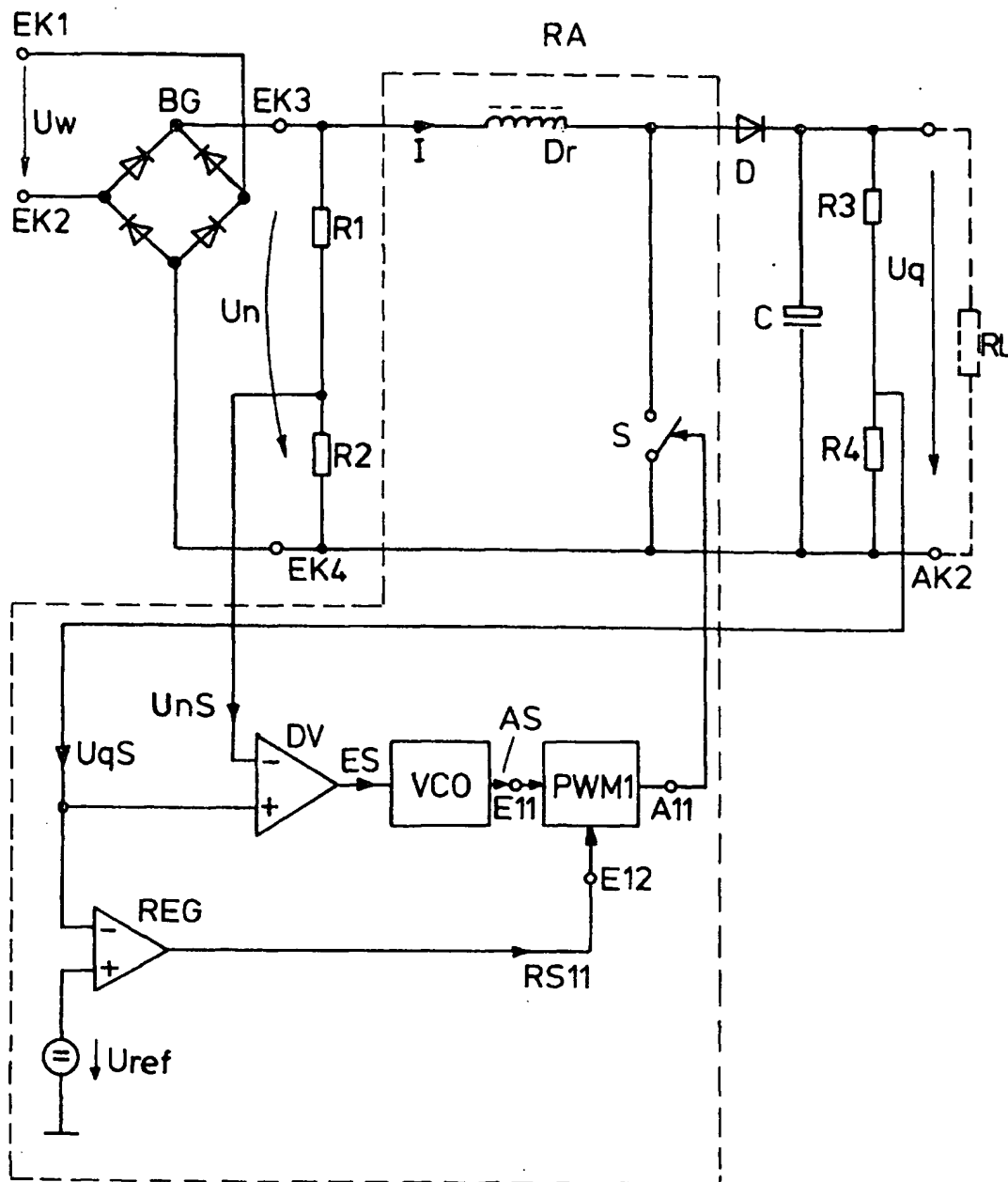


FIG 2

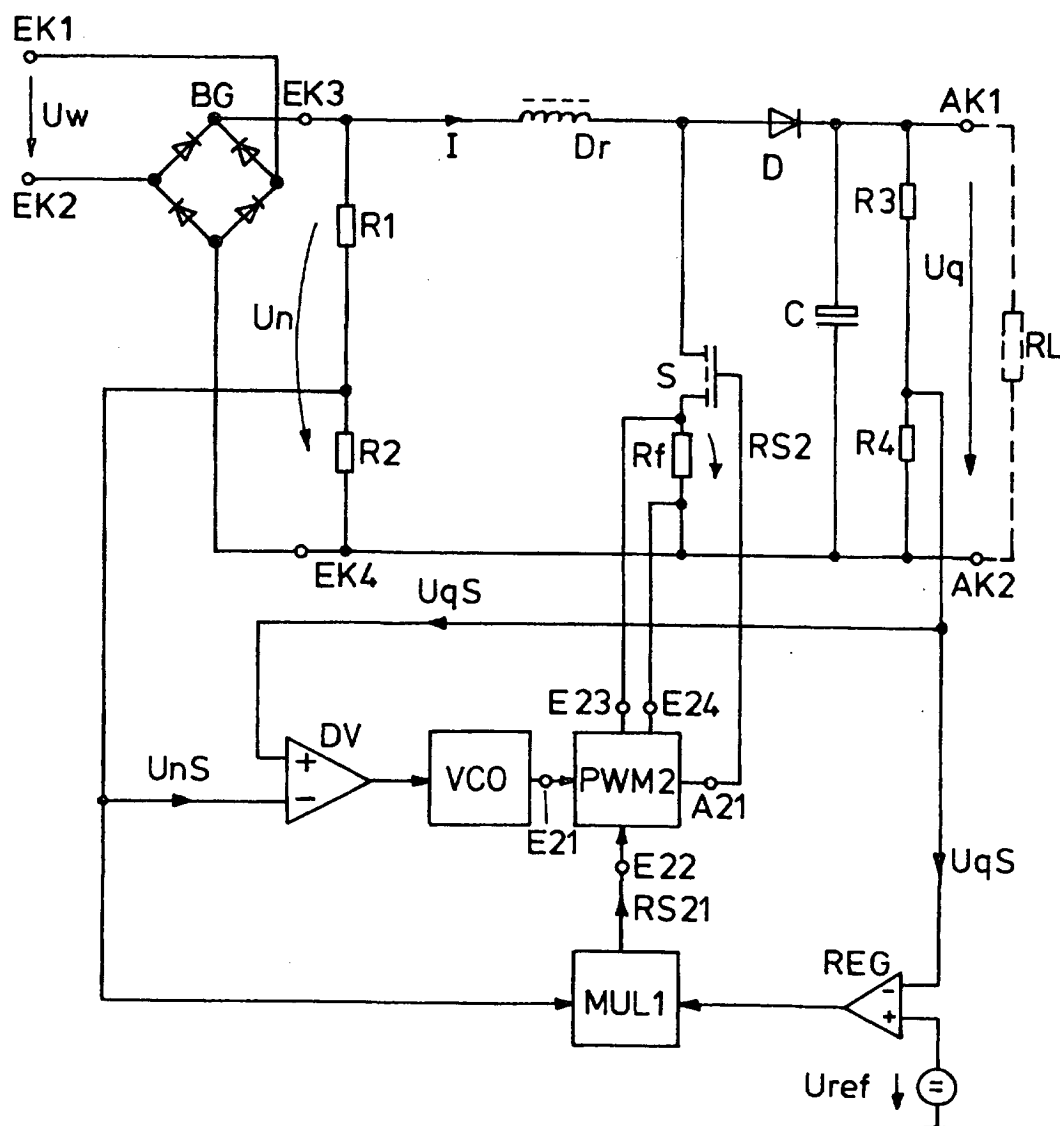


FIG 3a

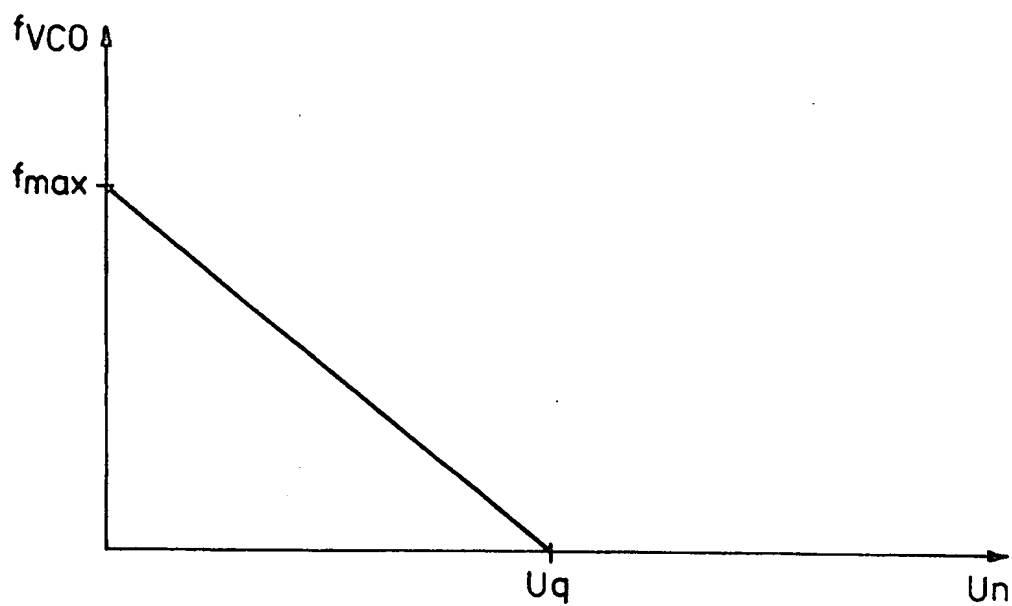


FIG 3b

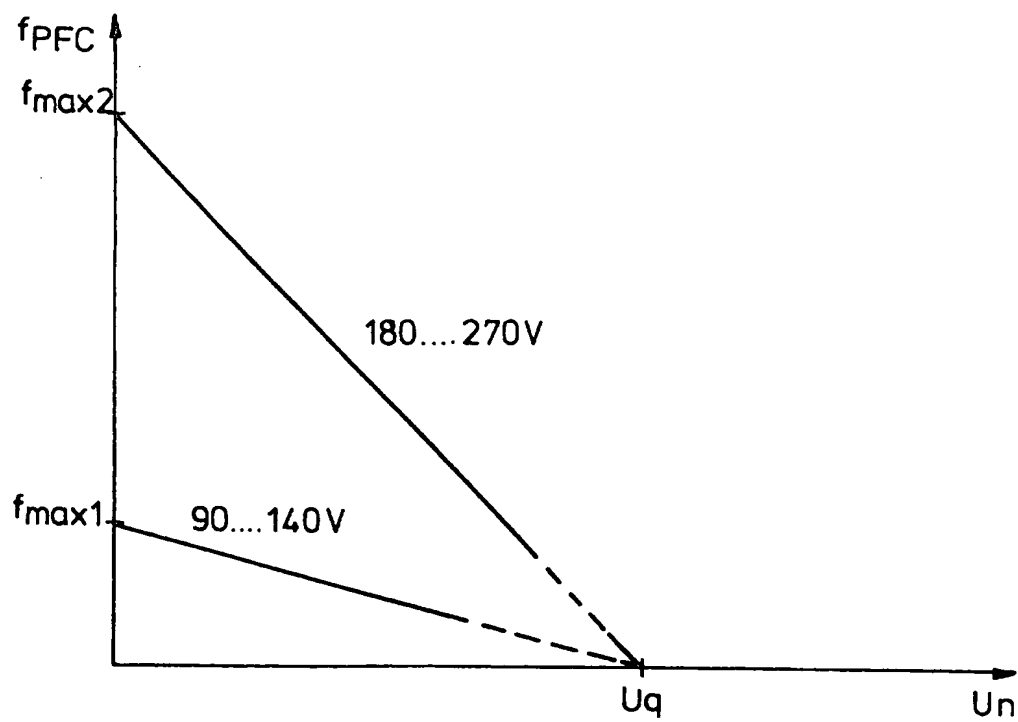
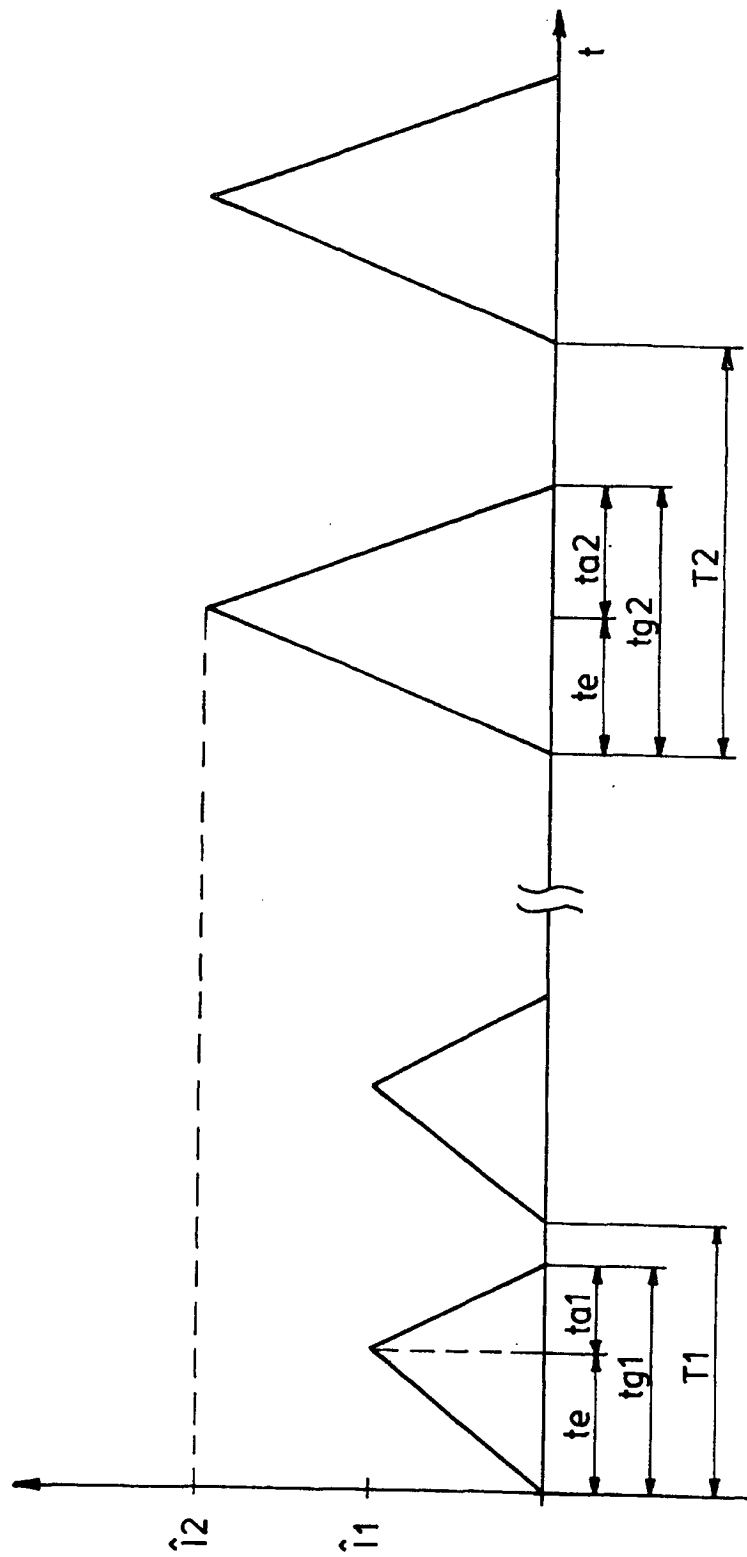


FIG 4





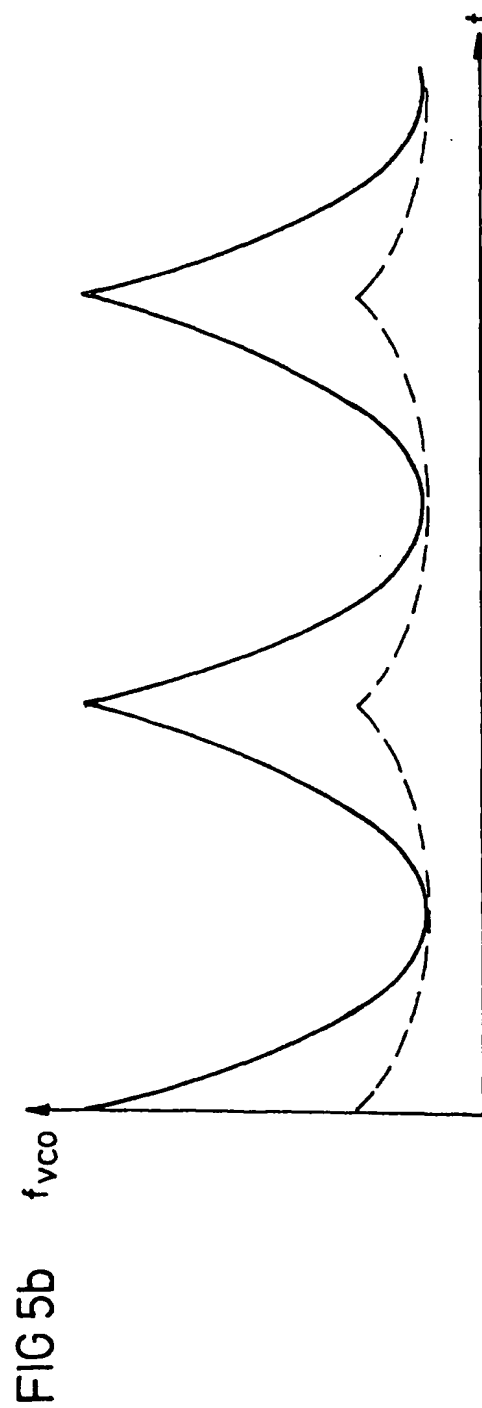
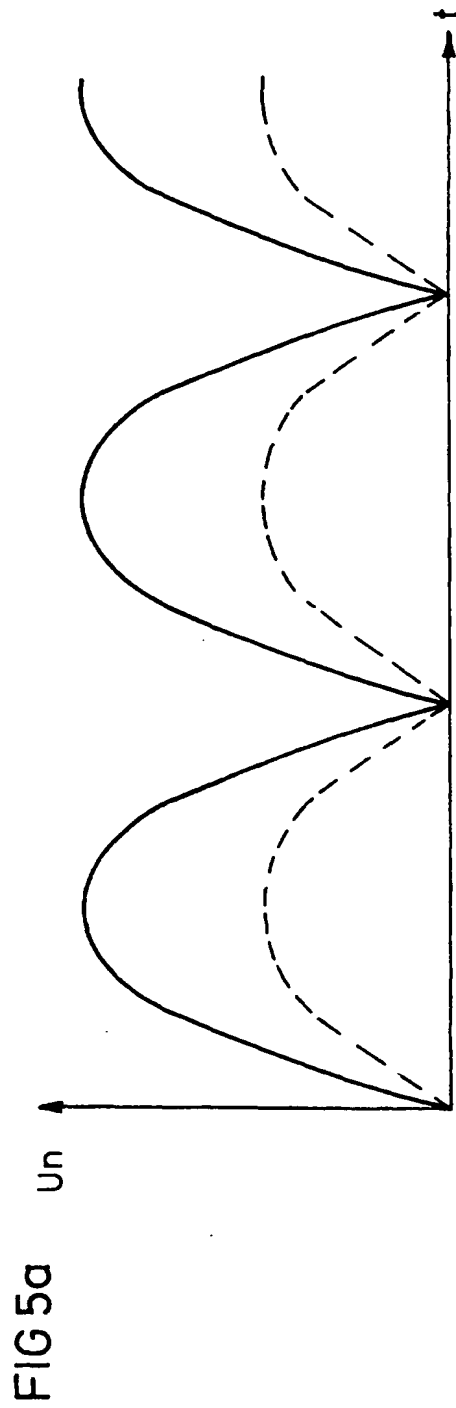


FIG 6

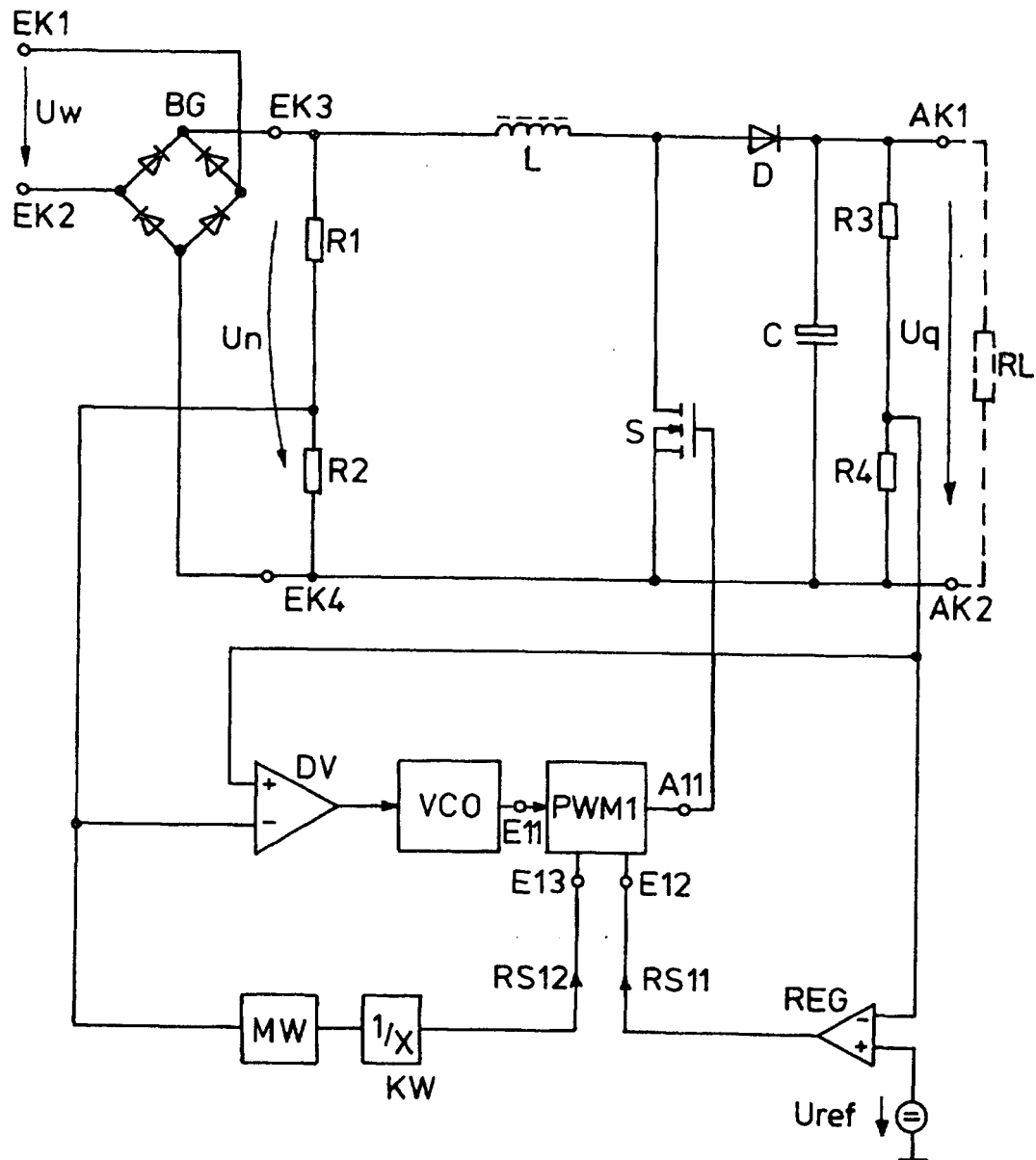


FIG 7

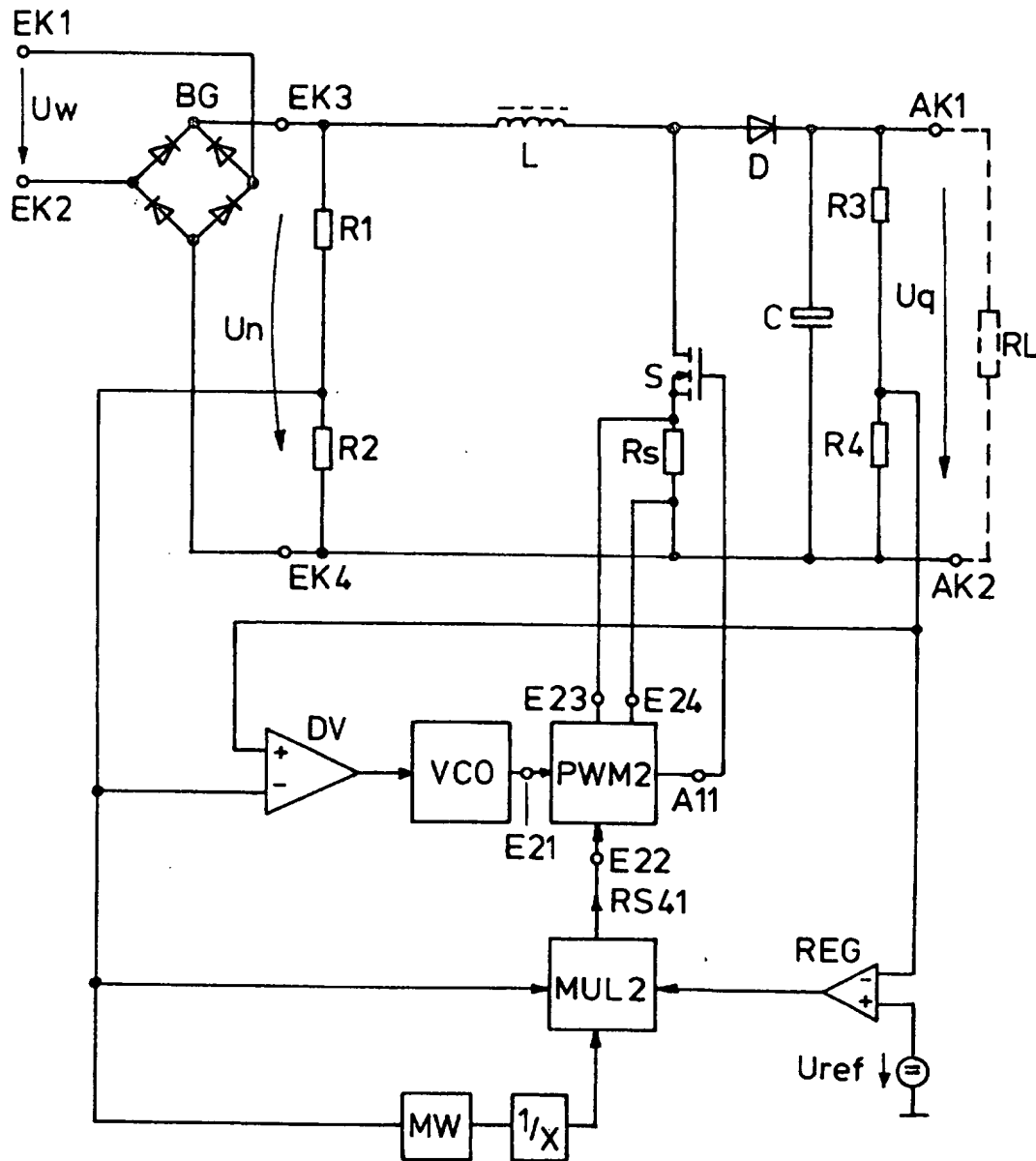


FIG 8

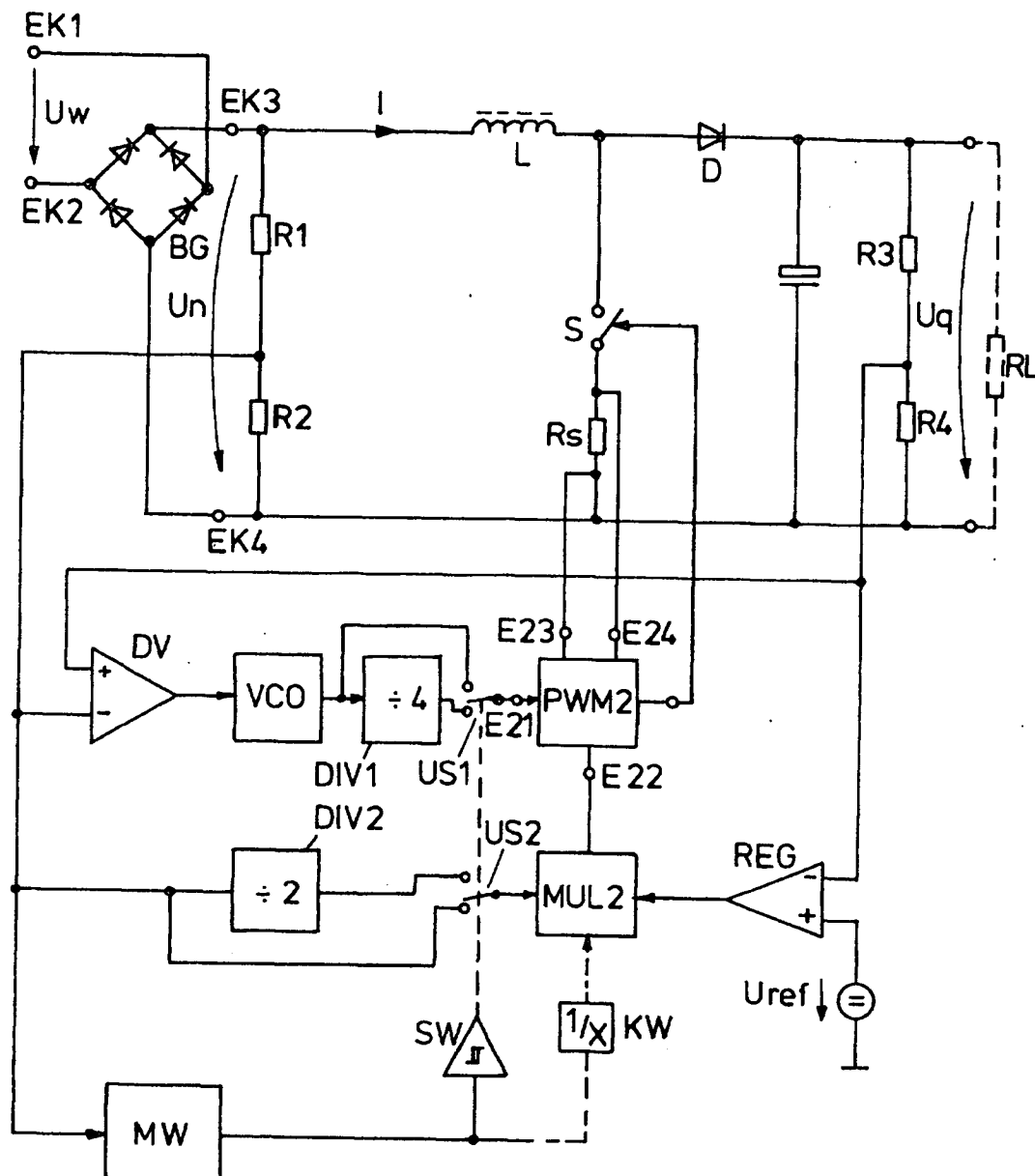


FIG 9

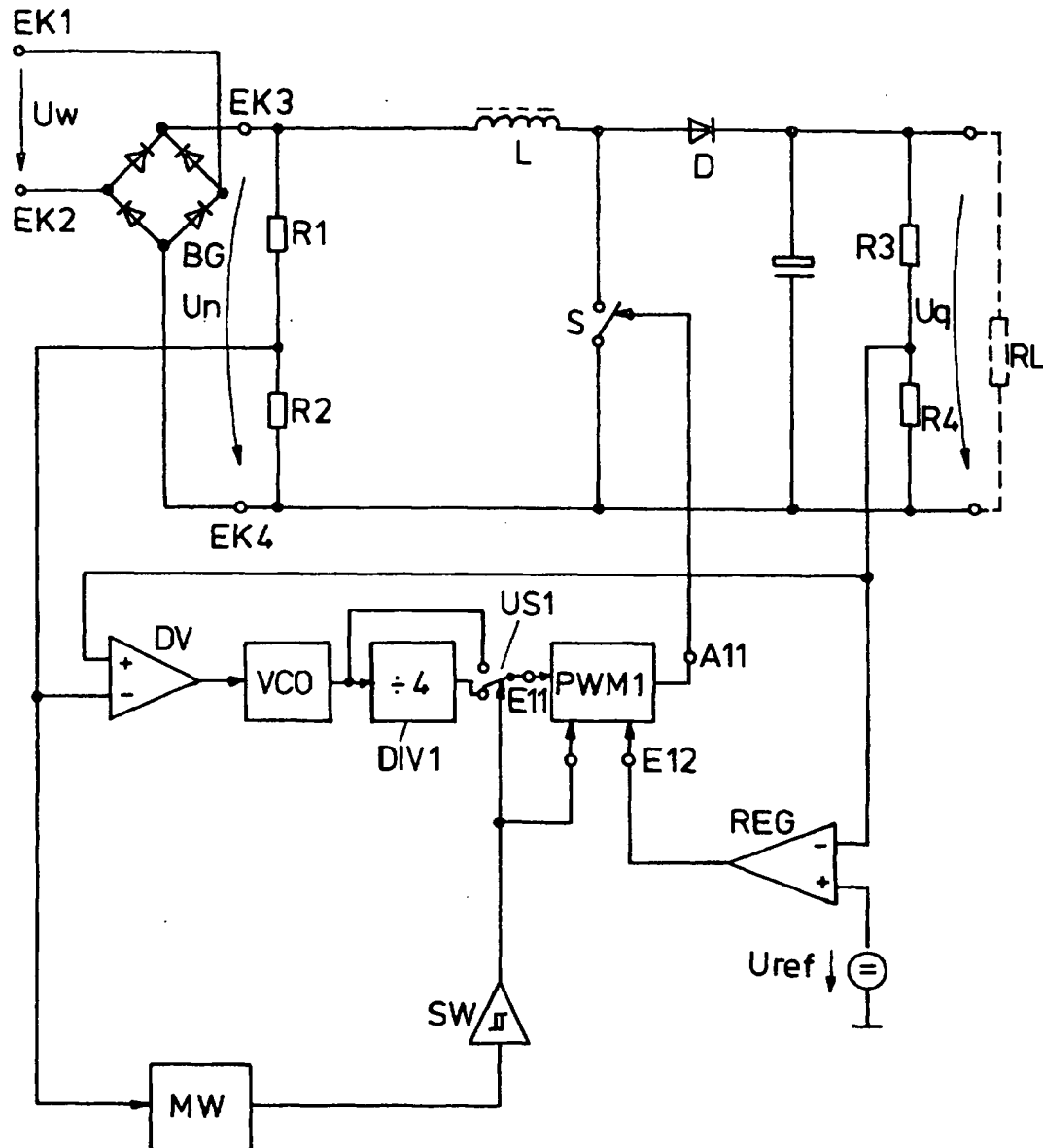
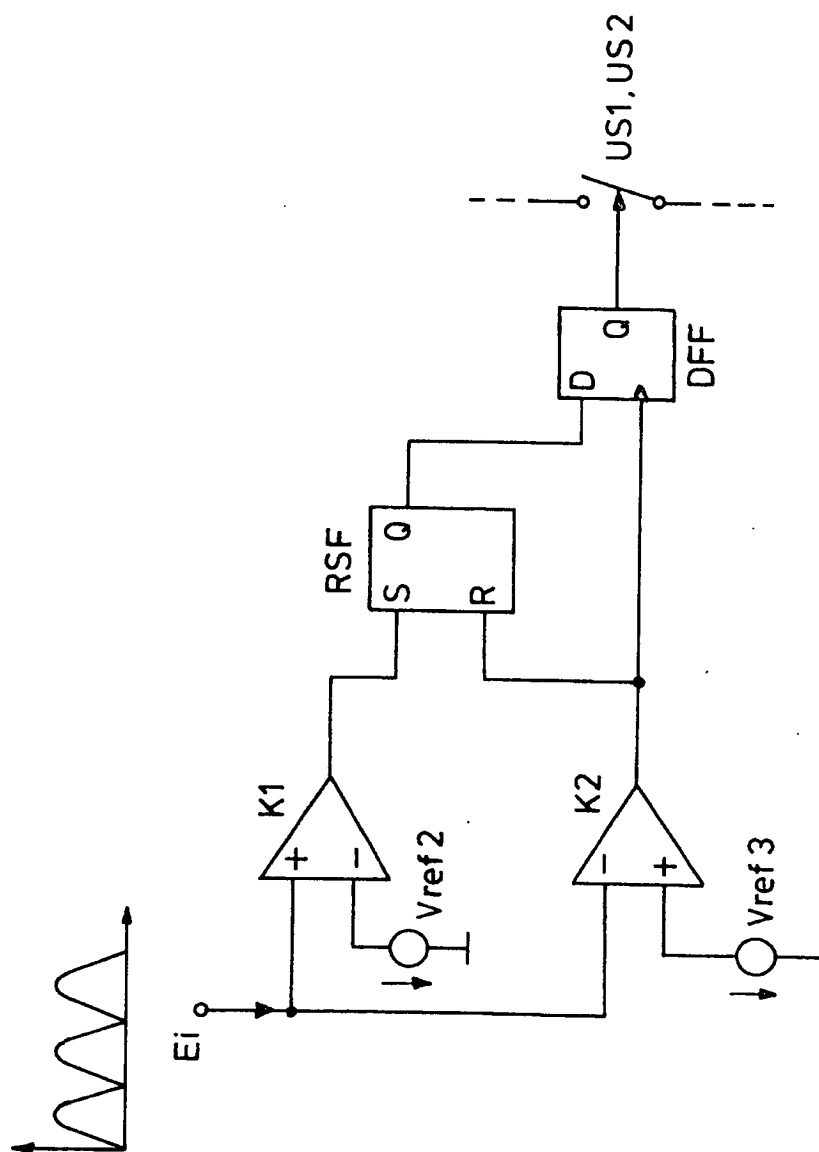


FIG 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**